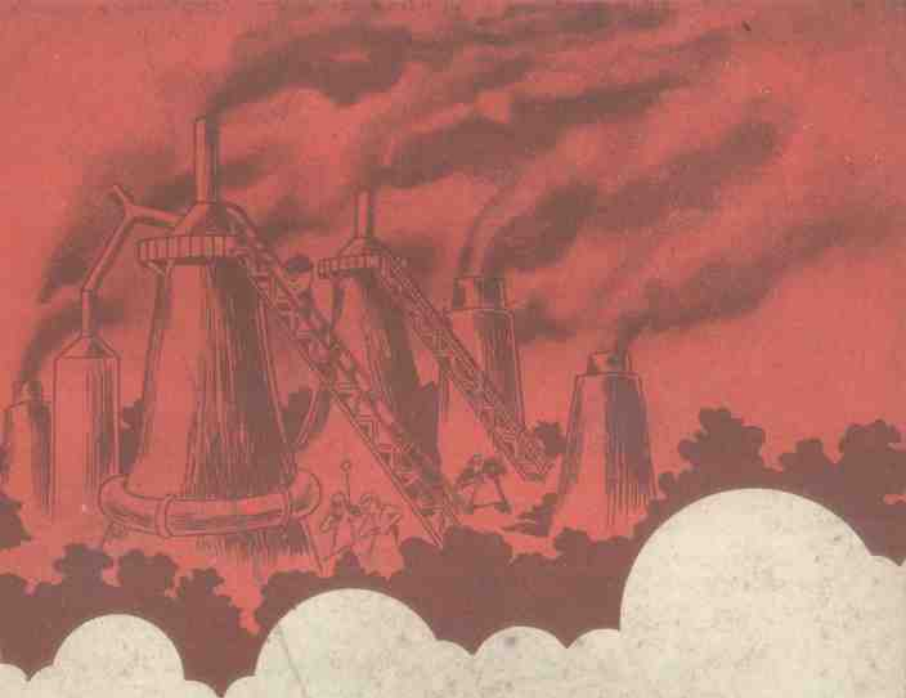




土高炉煉鉄知識

王昌民 編寫

山西人民出版社

內 容 提 要

本書全面系統地講述了“煉鐵用的原料和燃料”、“煉鐵原理”、“土高爐的內型和結構”及“土高爐的操作”等四問題，既有科學原理，又有具體的操作技術。最後，並總結性地提出土高爐煉鐵應注意的幾個問題。

本書是作者在太原市科普協會主辦的一次講座上所作的講稿的基礎上寫成的。由於作者在那次講述時，緊密地結合了當前鋼鐵生產的實際，所以當時參加聽講的人們都感到滿意，認為很解決實際問題。

本書通俗易懂、簡明扼要，很適合工农羣眾、鄉社幹部，及參加鋼鐵生產的幹部和學生們閱讀和參考。

土 高 爐 煉 鐵 知 識

王 昌 民 編 寫

✱

山西人民出版社出版（太原井州路七號）
山西省書刊出版業營業許可証晉出字第貳號
敦化印刷廠印刷 山西省新華書店發行

✱

開本：787×1092 $\frac{1}{32}$ · $\frac{7}{8}$ 印張·18,000字

一九五八年十月第一版

一九五八年十二月太原第一次印刷

印數：1—40,096冊

統一書號：15088·23

定 價：一角二分

目 录

一 煉鉄用的原料和燃料 (1)

(一) 鉄矿石 (1)

- (1) 手选 (2) 破碎 (3) 篩分
- (4) 焙燒 (5) 分級入爐 (6) 中和

(二) 熔剂 (2)

(三) 燃料 (3)

- (1) 木炭 (2) 焦炭 (3) 无烟煤

二 煉鉄原理 (5)

(一) 風咀前炭的燃燒 (5)

(二) 爐料中水分的蒸發和石灰石的分解 (5)

(三) 鉄和其它原素的还原 (6)

- (1) 鉄的还原 (2) 硅的还原
- (3) 錳的还原 (4) 磷的还原
- (5) 爐渣的生成 (6) 去 硫
- (7) 炭进入生鉄

三 土高爐的內型和結構 (9)

(一) 土高爐的內型 (9)

(二) 土高爐的結構 (10)

- (1) 爐基 (2) 爐底和內牆
- (3) 外牆 (4) 砌築爐牆所用的泥漿
- (5) 風咀 (6) 出鉄口和出渣口
- (7) 爐頂設備 (8) 熱風爐
- (9) 动力与鼓风設備

四	土高爐的操作	(17)
	(一) 开爐	(17)
	(1) 开爐前的准备工作 (2) 烤爐	
	(3) 裝爐 (4) 点火与送风	
	(二) 操作	(20)
	(1) 加料 (2) 出鉄与出渣	
	(3) 判断爐况的方法 (4) 故障的原因及处理	
	(三) 修檢	(24)
五	值得注意的幾個問題	(24)

一 煉鐵用的原料和燃料

一、鐵矿石

鐵矿石是煉鐵用的主要原料，一般鐵矿石中含鐵(Fe)在35—60%。因為Fe在矿石中是成各種氧化物存在，所以要得到生鐵，必須將Fe從矿石中提煉出來。這個提煉工作，就是在高爐中進行的。高爐煉鐵所用的鐵矿石，根據含鐵礦物組成成分的不同，分為以下四種：

- (1) 赤鐵礦 (Fe_2O_3)；
- (2) 磁鐵礦 (Fe_3O_4)；
- (3) 褐鐵礦 (主要是 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)；
- (4) 菱鐵礦 (FeCO_3)，產區不多，藏量亦較少。

這些鐵矿石在用於高爐煉鐵之前，必須進行必要的處理，以符合我們的要求，主要的處理工作有：

(1) 手選 當矿石中含有非鐵矿石時（大石頭），必須把它挑選出去，防止和鐵矿石一起加入高爐。大石頭和鐵矿石的主要區別，可以從顏色辨別出來：褐鐵礦為淺黃色；富褐鐵礦（含Fe高）為黃褐色；赤鐵礦的顏色與它的名稱有時是不相符合的，它從深紅色到淺灰色，甚至到黑色。磁鐵礦的顏色常從鋼灰到略帶淺藍黑色。

(2) 破碎 從矿山開采出來的鐵矿石，塊度很大，為了適合高爐煉鐵的需要，需將大塊矿石破碎。土高爐所用鐵矿石的塊度赤鐵礦和磁鐵礦一般在5—40公厘；褐鐵礦可以達到60公厘，因為褐鐵礦在高爐中比赤鐵礦和磁鐵礦容易

還元。鐵矿石的块度不能过大，也不能过小。过大的鐵矿石加到高爐中，不能充分的還元与溶化；过小的鐵矿石加到高爐中，又会降低爐料的透气性，增加爐料的阻力。

(3) 篩分 为了將鐵矿石中小于5公厘的鐵矿粉篩出，一般在煉鉄之前，应將所用之鐵矿石都需經過篩分工作。

(4) 焙燒 遇到性質堅硬难以還元的矿石时，經過焙燒处理是有必要的。因为焙燒处理之后，不但組織較前疏松，破碎容易，使它在高爐中較易還元；同时也可使矿石中的水份得到蒸发和除去許多泥土，相应的提高了單位矿石的含鉄量。这对土高爐煉鉄來說是有好处的。

(5) 分級入爐 前面已經談过土高爐煉鉄所用鐵矿石的粒度，一般在5—40公厘，可是如果將5—40公厘的鐵矿石同时加到高爐中也是不好的。因为將小块填到大块之間，会降低爐料的透气性，增加了阻力。为了防止上述影响，我們可以將5—40公厘的矿石分成兩級（5—20公厘和20—40公厘），分別裝到高爐中，来提高爐料的透气性。

(6) 中和 当我们遇到物理性質和化学性質波动比較大的鐵矿石时，为了防止因这一波动而引起爐况的波动，最好在煉鉄之前进行中和处理。最簡單的方法是“平鋪直取”（即在料場堆料时，把每一批料堆一层，依次一批一批地鋪上去，使其堆高，取料时從一旁切取）。

二、熔剂

土高爐煉鉄所用之熔剂有石灰石(CaCO_3)和白云石(MgCO_3)。大家知道鐵矿石中除含一部份鉄外，还有很多杂质。这些杂质，在大多数鐵矿石中都是酸性的东西（二氧化硅(SiO_2)，三氧化二鋁(Al_2O_3)等），为了得到一定成

分的爐渣，也就是說，渣子裏面帶酸性的東西和帶碱性的東西（氧化鈣（ CaO ），氧化鎂（ MgO ）），兩者之間，應有一定的比例（一般在1左右），必須向高爐中加入碱性的東西。这种碱性的東西就是石灰石（ CaCO_3 ）。石灰石的好壞，主要決定它的成分，含碱性的東西愈多酸性的東西愈少愈好。不當。當石灰石含 SiO_2 在45%以上，二氧化矽（ SiO_2 ）在3%以下就可使用。石灰石的塊度，一般在5—40公厘即可，過小影響爐料的透氣性，過大石灰石在上部分解不完全，到下部分再進行分解，就會吸收熱量，降低爐缸溫度。



有時為了提高爐渣中氧化鎂（ MgO ）含量，增加渣子的流動性，可在向高爐中加少量的白雲石。

三、燃料

燃料主要是供給煉鐵所需之熱量和還元劑。

土高爐煉鐵所用燃料有木炭、焦炭和無煙煤（即白煤或石炭）三種。

（1）木炭 木炭的強度不好，又因體積大所以產量也低。但是木炭內的灰分低，硫少，所以在盛產木炭的地方可以使用。

（2）焦炭 焦炭是煉鐵用的最多的一種燃料。對焦炭有下列要求：

①要有較好的強度。因為焦炭在入爐時要受到沖擊，和在土高爐內爐料下降過程中料和料之間、料和爐牆之間要有摩擦，如果焦炭強度不好就容易變成粉末，降低高爐的透氣性。

②要注意適當的塊度。焦炭塊度應以20—60公厘為宜，如塊度太大，會使爐缸溫度降低；而塊度太小，又會降低爐

料的透气性。

③固定炭(C)要高。因为燃料在高爐中的主要作用之一是供应煉鉄所需要的热量，因而燃料中固定炭愈多，單位燃料燃燒时放出来的热量也就愈高。所以固定炭要高。

④灰分、硫(S)、磷(P)要低。因为：1.灰分高了固定炭就低，而且灰分高煉鉄时生成的渣子多、产量低；2.生鉄中的硫主要是從焦炭中来的，就是說生鉄中硫的高低，主要决定于焦炭中硫的高低，如生鉄中硫超过一定限度时，即成廢品；3.在煉鉄过程中，爐料中磷全部跑到生鉄中，所以爐料中的磷愈多，則生鉄中的磷也就愈多。除了托馬斯生鉄（即碱性轉爐生鉄）而外，其它种类的生鉄都希望磷低些。

⑤水份稳定，防止爐温波动。

(3)无烟煤 30M²以下的小高爐是可以使用的无烟煤的。对无烟煤的要求是：

①較好的强度；

②适当的块度（40—60公厘）；

③发热量要大；

④杂质要少（S、P、灰分）；

⑤热稳定性好，就是受热以后不碎裂。

据阳城县应朝鉄业社土高爐用无烟煤煉鉄的經驗証明：不是所有的无烟煤都能用来煉鉄，断面呈介壳狀的无烟煤，热的稳定性很差，而断面略呈方格狀的无烟煤，热的稳定性較好。

使用无烟煤煉鉄时，鼓风机的风压必須很高，因为无烟煤的气孔率低，所以爐料的透气性較差，阻力大，因此风压應該增加。大概在全使用无烟煤煉鉄比使用木炭或焦炭煉鉄时，风压要增加一倍以上。

二 煉 鐵 原 理

一、風咀前炭的燃燒

我們將燃料（木炭、焦炭或无烟煤）從高爐爐頂加進以後，不斷的自上向下運動，當燃料下降到風咀前時，燃料中的炭就和從風咀鼓進的空氣中的氧發生了下列的燃燒反應：



該燃燒反應放出了熱量，供給鐵和其它元素還元和爐渣熔化等用。上述燃燒反應生成的氣體二氧化碳(CO_2)，在生成之後繼續向爐缸中心前進，在前進途中又遇到了高溫的炭素，又產生了下列的反應：



該反應的結果生成了鐵和其它元素還元所需要的還元劑一氧化碳(CO)。因此，風口前炭的燃燒的最終產物是氣體 CO ， CO_2 是中間產物。

空氣中除了氧(O_2)之外，還有很多的氮氣(N_2)，氮氣進入高爐之後，並沒有發生化學變化，仍然是 N_2 氣。

燃燒反應所生成的 CO 和空氣中的氮氣帶着很多熱量由下向上運動，在運動途中，將熱量逐漸的交給了冷的爐料，爐料被加熱，上升的氣體被冷卻，最後由爐頂跑到爐外。

二、爐料中水份的蒸發和石灰石的分解

高爐煉鐵所用的原料（鐵礦石，石灰石、燃料）含有少量的水份，當爐料從爐頂加入高爐之後，遇到上升的熱煤氣，由於爐料受熱溫度升高，爐料內的水份就蒸發出去了。蒸發

去的水汽和煤气一同由爐頂跑到爐外，爐料繼續下降，溫度逐漸提高，達到 750°C 的時後，石灰石開始按下列反應式進行分解：

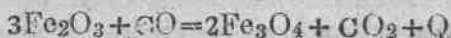


到 900°C 時，碳酸鈣(CaCO_3)大量進行分解。

三、鐵和其它元素的還元

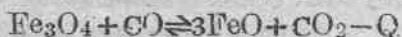
(1) 鐵的還元 鐵矿石在下降過程中，由於溫度升高遇到了還元劑 CO ，因而就發生了一系列的還元反應：

在溫度小於 570°C 時——



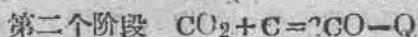
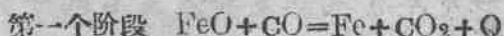
即溫度小於 570°C 時： $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Fe}$

在溫度大於 570°C 時——



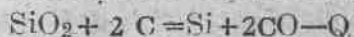
即溫度大於 570°C 時： $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$

在高爐中 FeO 除了被 CO 還元以外，還可被固體炭還元。前者叫間接還元，後者叫直接還元。固體 FeO 和固體炭直接進行還元反應是有困難的，因為固體和固體的接觸面是很小的，所以實際上直接還元反應是通過以下兩個階段進行的：



在高爐煉鐵中約40—60%的FeO被直接還元。直接還元是我們不希望的，因為它不但減少了到達風口前的炭素（還元消耗了），而且反應還吸收了熱量、降低了高爐下部的溫度（反應在高爐下部進行）。

（2）硅（矽）的還元 硅是從礦石中和燃料灰分中的SiO₂還元出來的，SiO₂ 100%是通過直接還元的。

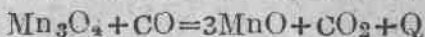
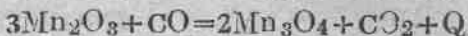


SiO₂ 的還元反應是吸熱反應，因此，為了得到含硅高的生鐵，必須提高高爐下部的溫度。

高爐下部的溫度愈高，生鐵中含硅量也就愈高。硅能促進生鐵中碳的石墨化。這種生鐵的斷口是暗灰色的，人們稱它為灰口生鐵。

當高爐下部的溫度較低時，生鐵中含硅量也就很低，生鐵中的炭，是成炭化物（Fe₃C, Mn₃C）狀態存在的，這種生鐵的斷口是銀白色的，人們稱它為白口鐵。

（3）錳的還元



MnO₂ → Mn₂O₃ → Mn₃O₄ → MnO 都是間接還元；

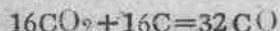
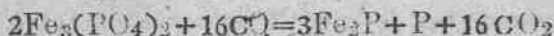
MnO → Mn 都是直接還元。



MnO的還元反應是吸熱反應，所以為了得到含Mn高的生鐵也必須提高高爐下部的溫度。

（4）磷的還元 磷在礦石中主要成磷酸鈣〔Ca₃(PO₄)₂〕形態存在，比較少量的成磷酸鐵形態存在〔2Fe₃(PO₄)₂〕。

当温度在1100°C时，磷酸鉄按下式进行还原：



当温度在1200—1500°C时，磷酸鈣按下式进行还原：



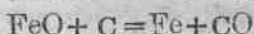
还原出来的磷(P)，一少部份随煤气跑到爐外，絕大部分是成 Fe_2P 形态进入生鉄，所以高爐煉鉄是不能去磷(P)的。

(5) 爐渣的生成 鉄矿石中的杂质(除了还原入生鉄的而外)，如 SiO_2 (二氧化硅) Al_2O_3 (三氧化二鋁)等，和燃料中的灰分和石灰石分解而成的 CaO (氧化鈣) MgO (氧化鎂)等組成了高爐爐渣，溶化后流入爐缸中。

高爐爐渣的主要成分为： CaO ， SiO_2 ， Al_2O_3 ，和少量的 MgO ， MnO ， FeO 和 CaS 。

(6) 去硫 原料中的硫主要成 FeS_2 、 FeS 等形态存在。

在高爐中 $\text{FeS}_2 = \text{FeS} + \text{S}$ ，一部份S(硫)随煤气跑到爐外。而成 FeS 形态存在的S(硫)全部跑到生鉄中。为了減少到达生鉄中的S，我們向高爐中加入石灰石(这是加石灰石第二个作用)。結果：



上述反应所生成的 CaS 全部跑到爐渣中，这样就达到了去S(硫)的目的。

为了更多的去除生鉄中的S(硫)，即將 $\text{FeS} \rightarrow \text{CaS}$ 從上式可以看出必須提高高爐下部的温度，同时在一定範圍內

CaO 愈高，对去 S (硫) 愈有利。

(7) 炭进入生铁 还原的金属铁熔化后和焦炭接触，一部分 C 就溶解到生铁中，即 $3\text{Fe}(\text{液}) + \text{C}(\text{燃}) = \text{Fe}_3\text{C}$

所以由 Fe、Si、Mn、P、S、C 就组成了生铁，熔化后流到炉缸中。由于生铁比重大于炉渣的比重，因此，生铁和炉渣在炉缸中分作两层：下层为生铁，上层为炉渣。

三 土高炉的内型和结构

一、土高炉的内型

现在大型洋高炉的内部形状可以分成五个部份（如图一）。

经验证明：土高炉不能机械的搬用大高炉的炉形，因为炉料在这样的炉型内下降太快，没有经过充分的予热，还原与溶化就下到炉缸中，会降低炉缸温度，使炉缸冻结。

什么样的炉形好呢？阳泉市许多地方的经验是：修成两头细中间粗，象煤油灯上的玻璃罩似的最好（如图二）。它的优点是：炉“肚子”大，上半部细，焦炭燃烧后热能不容易被吸走，能憋住火焰，炉内温度高；炉“肚子”大、炉缸小，容易把炉“肚子”里的生料卡住，只让溶化后的铁水与渣水下流，不让未溶化的生料下塌。

1爐缸 2爐腹 3爐腰 4爐身 5爐喉



图一



图二



图三

上面“图三”是山西省阳城县应朝铁业社 $1.5M^3$ 土高爐的内部形状，生产实践证明，这个土高爐的内型是很好的，各地可以参考采用。

二、土高炉的结构（如图四）

(1) 爐基 确定建爐地址以后，首先打好地基：挖一个深500至1000公厘，直径2000—4000公厘的大坑，将下面的原土夯实后，即可开始打地基。

地基的材料有下列三种：

- ①三七灰土（石灰和黄土拌合）；
- ②三合土（石灰、黄土、碎磚块）；
- ③混凝土（低标号水泥和砂石、水拌合）。

地基打完之后，在地基上面砌些乱石、砂石，或者砌一层青磚或紅磚。

(2) 爐底和內牆 砌筑爐底和內牆的材料有下列五种：

- ①粘土磚；
- ②耐火磁磚；
- ③耐火粘土搗結；
- ④焦粉+焦油+軟瀝青搗結；

⑤砂石。

(3) 外墙 砌筑外墙的材料有：

①青磚或者紅磚；

②大石块；

③普通土打結（外墙外边最好用鉄帶或者木柱加固起来）；

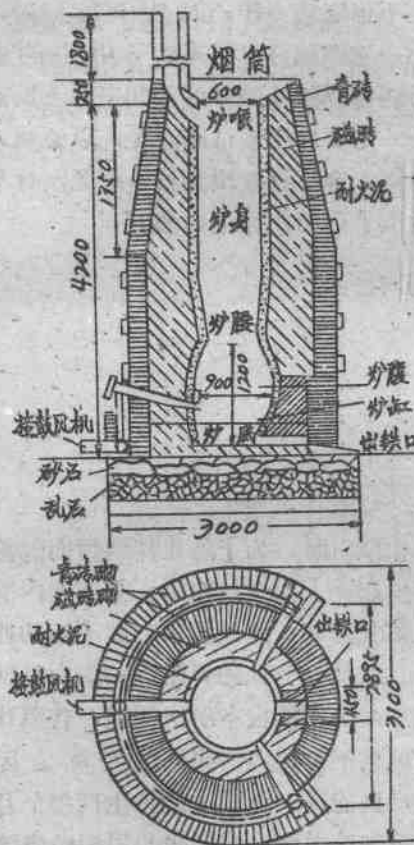
(4) 砌筑爐牆所用的泥漿

①耐火泥漿（用在爐底和內牆）；

②一、三水泥砂漿（用在外牆）；

③一、三白灰砂漿（用在外牆）。

(5) 风咀 为了供給高爐內燃料燃燒所需之空气，在高爐下部（爐“肚子”下部）放2—3个进风咀。风咀須要向下傾斜。根据阳泉市任家峪、南窑庄鉄业社的經驗：傾斜角度是十度至二十度，也有



图四 阳城应朝鉄业社

1.5M³ 高爐結構图

三十度左右的。进风咀不能平安，更不能向上，而要向下傾斜。这样，风进入爐內后，冲向爐底，使爐內的火焰由下向上

翻，可以提高爐缸的溫度。

几个进风咀的傾斜度不但應該一样，而且應該对正，使几股风在爐子中心碰头，这样就可以提高爐子中心的溫度，防止爐心发黑。同时还可以防止侵蝕爐牆和下料不均。

爐子后面的进风咀，一定要和出鉄口成直綫，以便加大出鉄口的溫度和风量。这样，容易打开出鉄口，避免因打不开出鉄口吹不淨出鉄口的渣子，而使爐渣結爐。

进风咀的材料有下列四种：

①耐火磚，

②耐火磁管；

③白鉄管；

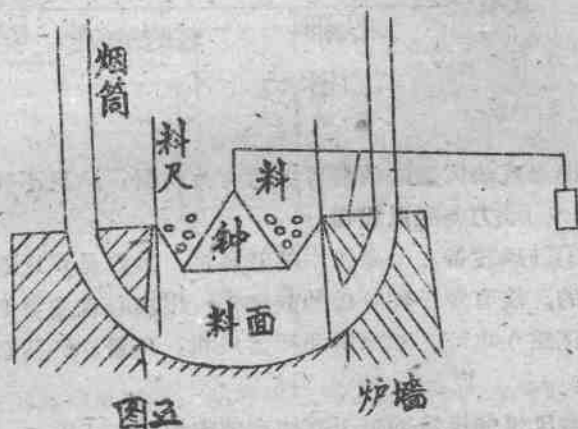
④鑄鉄管。

在用白鉄管和鑄鉄管作风咀时，为了防止探到爐內部份被燒坏，應該用耐火泥保护起来。由于风咀附近是高爐內溫度最高的地方，因此风咀經常燒坏，这就要求我們不断的补修风咀、更換风咀。阳城县应朝鉄业社磚风咀16—24小时就被燒坏，虽經用耐火磚填补，仍不能根本解决問題，若填补不好，反使风咀变小，使风送不进爐內，使爐况变坏。因此，他們的小高爐連續生产只能八、九天，最長生产半个月就不得不停下爐来修补风咀部份襯磚。他們也想用鑄鉄或鋼板制成风咀通水冷却，但是害怕风咀部份通水冷却之后，降低爐缸溫度（因是冷风操作）。因此，如何延長风咀的寿命，是目前急需解决的問題。

其次，进风咀的高度也应合适。过高爐缸溫度低，过低进风咀灌渣。合适高度要根据一次出鉄出渣量来确定。

(6) 出鉄口和出渣口 土高爐一般不設渣口，只有一個出鉄口。出鉄口位于爐缸的下部，比爐底稍高一些。這樣，在出鉄時，鉄水就不會全部流出來，可以防止熔渣和爐底直接接觸，發生熔渣坐底現象。鉄口處外牆，最好砌一較大拱門，便于拆修內牆。

(7) 爐頂設備 (如图五)



土高爐的爐頂設備，非常簡單。有條件的話，在爐口處放一鑄鉄或者鋼板制成的料鐘，用磁管做一個小烟筒，讓爐內的煤氣由此排出。為了了解爐內料面的高度，在爐頂設二個探料孔，要了解料面的高度時，即可將鉄鉗從探料孔內插進去。